



(12) **Offenlegungsschrift**  
(10) **DE 103 18 989 A 1**

(51) Int. Cl.?  
**F 02 M 61/18**

(66) Innere Priorität:  
102 22 209. 6 18. 05. 2002

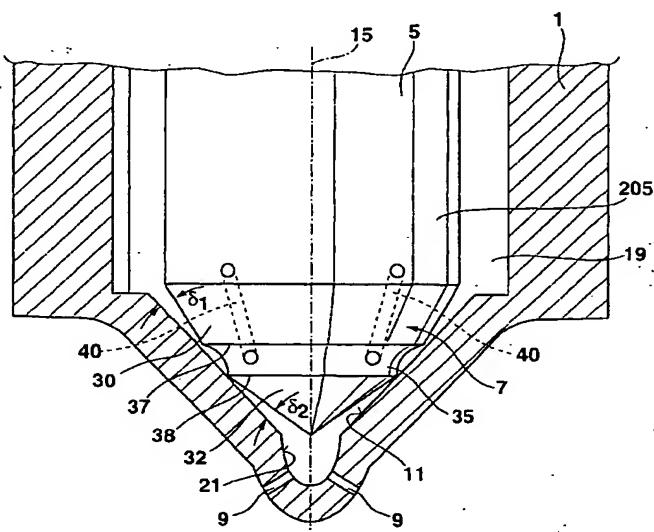
(71) Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(21) Aktenzeichen: 103 18 989.0  
(22) Anmeldetag: 25. 4. 2003  
(43) Offenlegungstag: 27. 11. 2003

(72) Erfinder:  
Christ, Wilhelm, 71634 Ludwigsburg, DE; Dittus,  
Bernd, 71732 Tamm, DE; Boecking, Friedrich, 70499  
Stuttgart, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen  
(57) Kraftstoffeinspritzventil mit einem Ventilkörper (1), in dem in einer Bohrung (3) eine eine Längsachse aufweisende Ventilnadel (5) längsverschiebbar angeordnet ist. Am brennraumseitigen Ende der bohrung (3) ist ein konischer Ventilsitz (11) angeordnet, wobei zwischen der Ventilnadel (5) und der Wand der Bohrung (3) ein mit Kraftstoff befüllbarer Druckraum (19) ausgebildet ist, der bis zum Ventilsitz (11) reicht. An der Ventilnadel (5) ist eine Ventildichtfläche (7) ausgebildet, die mit dem Ventilsitz (11) zur Steuerung wenigstens einer, vom Ventilsitz (11) ausgehenden Einspritzöffnung zusammenwirkt und in der eine in einer Radialebene der Ventilnadel (5) verlaufende Ringnut (35) ausgebildet ist. Die stromabwärtige Kante der Ringnut (35) ist als Dichtkante (38) ausgebildet und stets mit dem Druckraum (19) hydraulisch verbunden (Figur 2).



## Beschreibung

## Stand der Technik

[0001] Die Erfindung geht von einem Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen aus, wie es aus der WO 96/19661 bekannt ist. Bei einem solchen Kraftstoffeinspritzventil ist in einer Bohrung eine Ventilnadel längsvorschobbar angeordnet, wobei am brennraumseitigen Ende die Bohrung ein konischer Ventilsitz angeordnet ist. Die Ventilnadel ist in einem brennraumabgewandten Abschnitt in der Bohrung geführt, und zwischen dem brennraumzugewandten Abschnitt der Ventilnadel und der Wand der Bohrung ist ein Druckraum ausgebildet, der mit Kraftstoff unter hohem Druck befüllbar ist. Der Druckraum reicht hierbei bis zum Ventilsitz, der konisch ausgebildet ist und in dem wenigstens eine Einspritzöffnung ausgebildet ist. An dem dem Ventilsitz zugewandten Ende weist die Ventilnadel eine im wesentlichen konische Ventildichtfläche auf, so dass bei vom Ventilsitz abgehobener Ventildichtfläche Kraftstoff aus dem Druckraum zwischen dem Ventilsitz und der Ventildichtfläche hindurch den Einspritzöffnungen zufließt kann. Die Ventilnadel wird von einer Schließkraft beaufschlagt, die die Ventildichtfläche gegen den Ventilsitz presst und so bei Abwesenheit weiterer Kräfte eine Einspritzung von Kraftstoff durch die Einspritzöffnungen verhindert.

[0002] An der Ventildichtfläche ist eine erste konische Fläche ausgebildet, deren Öffnungswinkel kleiner als der Öffnungswinkel des konischen Ventilsitzes ist. In Strömungsrichtung des Kraftstoffs gesehen stromabwärts der ersten konischen Fläche ist an der Ventildichtfläche eine weitere konische Fläche ausgebildet, deren Öffnungswinkel größer als der Öffnungswinkel des Ventilsitzes ist. Zwischen den beiden konischen Flächen der Ventildichtfläche ist eine Ringnut ausgebildet, die in einer Radialebene der Ventilnadel verläuft und die an beide konischen Flächen grenzt.

[0003] Zur Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum der Brennkraftmaschine wird in den Druckraum des Einspritzventils Kraftstoff unter hohem Druck eingeleitet. Daraus ergibt sich auf eine an der Ventilnadel vorhandene Druckfläche und auf Teile der Ventildichtfläche eine hydraulische Kraft, die der Schließkraft entgegengerichtet ist. Wird die Schließkraft reduziert, so bewegen die hydraulischen Kräfte die Ventilnadel vom Ventilsitz weg, so dass Kraftstoff den Einspritzöffnungen zufließt kann. Bei geöffneter Ventilnadel wirkt auf ihren gesamten Querschnitt der hydraulische Druck durch den Kraftstoffdruck im Druckraum. Um diese Kraft zu überwinden, muss die Schließkraft entsprechend hoch sein, da bei modernen Kraftstoffeinspritzsystemen kurze Schließzeiten des Kraftstoffeinspritzventils angestrebt werden, um schnell hintereinander genau dosierte Einspritzungen möglich zu machen. Sobald die Ventilnadel wieder am Ventilsitz zur Anlage kommt, entfällt die hydraulische Kraft auf einen Teil der Ventildichtfläche, so dass sich jetzt ein starker Überschuss der Schließkraft gegenüber der hydraulischen Kraft auf die Ventilnadel ergibt. Dies bedeutet, dass die Ventilnadel mit einer hohen Kraft gegen den Ventilsitz gepresst wird, was dort mit der Zeit zu einem erhöhten Verschleiß führt, der die Lebensdauer des Kraftstoffeinspritzventils erheblich absenken kann. Insbesondere bei den neuesten Kraftstoffeinspritzsystemen, die mit Drücken von bis zu 200 MPa arbeiten, stößt man mittlerweile an die Belastbarkeitsgrenze des Materials.

## Vorteile der Erfindung

[0004] Das erfindungsgemäße Kraftstoffeinspritzventil mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruchs 1

weist demgegenüber den Vorteil auf, dass der Verschleiß am Ventilsitz reduziert ist. Hierzu wird in Schließstellung der Ventilnadel ein Teil der Ventildichtfläche von einer hydraulischen Kraft beaufschlagt, so dass sich die Gesamtkraft auf die Ventilnadel in deren Schließstellung reduziert. Durch eine Ringnut zwischen der ersten und der zweiten konischen Fläche ist die Ventilnadel mit dem Druckraum hydraulisch verbunden, so dass in dieser Ringnut stets der gleiche Kraftstoffdruck herrscht wie im Druckraum. Bei geschlossener Ventilnadel ergibt sich so eine Vergrößerung der hydraulisch beaufschlagen Fläche an der Ventilnadel und damit eine erhöhte Gegenkraft zur Schließkraft, so dass die Flächenpressung im Bereich des Ventilsitzes reduziert wird bei gleichzeitig guten Dichteigenschaften.

[0005] In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Gegenstandes der Erfindung ist die Ringnut mit dem Druckraum durch wenigstens eine in der Ventilnadel verlaufende Verbindungsbohrung verbunden. Solche Verbindungsbohrungen lassen sich durch verschiedene Verfahren einfach in die Ventilnadel einbringen, vorzugsweise vor dem Härteten der Ventilnadel. Ein weiterer Vorteil besteht dabei, dass die sonstige Außenform der Ventilnadel und ihre mechanische Stabilität praktisch unverändert bleiben. Die Ausgestaltung der Verbindungsbohrungen als Querbohrungen ist für das Bohrverfahren vorteilhaft, da der Winkel zu den Oberflächen, an denen die Querbohrung austritt, größer ist. Darüber hinaus lässt sich der Durchmesser der Querbohrung bis zur Breite der Ringnut vergrößern.

[0006] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist die hydraulische Verbindung der Ringnut mit dem Druckraum durch wenigstens eine in der ersten Konusfläche ausgebildete Ausnehmung hergestellt. Solche Ausnehmungen lassen sich einfach von außen in die Ventilnadel einbringen, auch noch nach dem Härtungsprozess.

[0007] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist die Sitzwinkeldifferenz zwischen der zweiten Konusfläche und dem Ventilsitz kleiner als die Sitzwinkeldifferenz zwischen der ersten Konusfläche und dem Ventilsitz. Durch diese Ausgestaltung erhält man eine optimierte Verteilung der Flächenpressung am Ventilsitz und damit einen verminderten Verschleiß.

[0008] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung kommt bei der Schließbewegung der Ventilnadel zuerst die am Übergang der Ringnut zur zweiten Konusfläche ausgebildete Dichtkante am Ventilsitz zur Anlage. Durch diese scharfe Begrenzung der zweiten Konusfläche und damit des beim Öffnen hydraulisch wirksamen Sitzdurchmessers an der Ventilnadel erhält man eine genau definierte Öffnungscharakteristik, so dass ein genau dosiertes Einspritzen von Kraftstoff in den Brennraum der Brennkraftmaschine möglich ist.

## Zeichnung

[0009] In der Zeichnung ist verschiedene Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzventils dargestellt. Es zeigt

[0010] Fig. 1 einen Längsschnitt durch den wesentlichen Teil eines Kraftstoffeinspritzventils,

[0011] Fig. 2 eine Vergrößerung von Fig. 1 im Bereich des Ventilsitzes, wobei die Ventilnadel in der Stellung gezeichnet ist, in der sie den Ventilsitz gerade eben berührt,

[0012] Fig. 3 denselben Ausschnitt wie Fig. 2 in Schließstellung der Ventilnadel,

[0013] Fig. 4 denselben Ausschnitt wie Fig. 2 eines weiteren Ausführungsbeispiels,

[0014] Fig. 5 dieselbe Ansicht wie Fig. 2 eines weiteren Ausführungsbeispiels und

[0015] Fig. 6 einen Querschnitt durch das in Fig. 5 dargestellte Kraftstoffeinspritzventil entlang der Linie VI-VI:

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0016] In Fig. 1 ist ein Längsschnitt durch ein erfindungsgemäßes Kraftstoffeinspritzventil dargestellt. In einem Ventilkörper 1 ist eine Bohrung 3 ausgebildet, die an ihrem brennraumseitigen Ende durch einen konischen Ventilsitz 11 verschlossen wird. Dem Ventilsitz 11 schließt sich stromabwärts eine Sackbohrung 21 an, von der Einspritzöffnungen 9 abgehen, die die Sackbohrung mit dem Brennraum der Brennkraftmaschine verbinden. In der Bohrung ist eine kolbenförmige Ventilnadel 5 längsverschiebbar angeordnet, die in einem Führungsabschnitt 103 der Bohrung 3 mit einem Führungsbereich 105 dichtend geführt ist. Ausgehend vom Führungsbereich 105 der Ventilnadel 5 verjüngt sich die Ventilnadel 5 dem Ventilsitz 11 zu unter Bildung einer Druckschulter 13 und geht in einen Schaft 205 über, der einen geringeren Durchmesser aufweist als der Führungsbereich 105. Das brennraumseitige Ende der Ventilnadel 5, das direkt an den Schaft 205 grenzt, wird durch eine im wesentlichen konische Ventildichtfläche 7 gebildet, die mit dem Ventilsitz 11 zusammenwirkt und deren genaue Form und Funktion weiter unten erläutert wird. Zwischen dem Schaft 205 und der Wand der Bohrung 3 ist ein ringkanalförmiger Druckraum 19 ausgebildet, der auf Höhe der Druckschulter 13 radial erweitert ist. Der Druckraum 19 lässt sich über einen im Ventilkörper 1 verlaufenden Zulaufkanal 25 mit Kraftstoff unter hohem Druck befüllen, wobei der Zulaufkanal 25 in die radiale Erweiterung des Druckraums 19 mündet.

[0017] Die Ventilnadel 5 wird an ihrem brennraumabgewandten Ende von einer Schließkraft beaufschlagt, die von einer in der Zeichnung nicht dargestellten Vorrichtung erzeugt wird. Bekannt sind zum einen Vorrichtungen, die die Schließkraft mit Hilfe von Federelementen erzeugen und Vorrichtungen, welche die Schließkraft hydraulisch erzeugen. Durch diese Schließkraft wird die Ventilnadel 5 mit der Ventildichtfläche 7 gegen den Ventilsitz 11 gepresst, so dass die Einspritzöffnungen 9, die im Ventilsitz 11 ausgebildet sind und die den Ventilsitz 11 mit dem Brennraum der Brennkraftmaschine verbinden, vom Druckraum 19 getrennt werden. Je nach Einspritzsystem herrscht im Druckraum 19 ständig oder nur dann, wenn eine Einspritzung von Kraftstoff erfolgen soll, ein hoher Kraftstoffdruck, der je nach verwendetem System zwischen 100 und 200 MPa betragen kann. Zur Bewegung der Ventilnadel 5 kann entweder der Druck im Druckraum 19 erhöht oder die Schließkraft auf die Ventilnadel 5 erniedrigt werden. In jedem Fall muss erreicht werden, dass die hydraulischen Kräfte auf die Druckschulter 13 und auf Teile der Ventildichtfläche 7 größer sind, als die Schließkraft auf die Ventilnadel 5. Ist dies der Fall, so bewegt sich die Ventilnadel 5 vom Ventilsitz 11 weg, so dass Kraftstoff aus dem Druckraum 19 zwischen der Ventildichtfläche 7 und dem Ventilsitz 11 hindurch zu den Einspritzöffnungen 9 fließen kann. Durch eine Erhöhung der Schließkraft beziehungsweise eine Unterbrechung der Kraftstoffzufuhr in den Druckraum 19 kehren sich die Kraftverhältnisse an der Ventilnadel 5 wieder um, so dass die Ventilnadel 5 zurück in ihre Schließstellung fährt, bis sie mit der Ventildichtfläche 7 am Ventilsitz 11 zur Anlage kommt.

[0018] In Fig. 2 ist eine Vergrößerung von Fig. 1 im Bereich des mit II bezeichneten Ausschnitts dargestellt, also im Bereich des Ventilsitzes 11. Die Ventildichtfläche 7 der Ventilnadel 5 weist eine erste konische Fläche 30 auf, die direkt an den Schaft 205 grenzt. Die erste konische Fläche 30 weist hierbei einen Öffnungswinkel auf, der kleiner ist als der Öff-

nungswinkel des konischen Ventilsitzes 11, so dass zwischen der ersten konischen Fläche 30 und dem Ventilsitz 11 ein Differenzwinkel Öl gebildet ist. Stromabwärts des Kraftstoffstroms zu den Einspritzöffnungen 9 schließt sich an die erste konische Fläche 30 eine Ringnut 35 an, die die Ventilnadel 5 auf ihrem gesamten Umfang umgibt und in einer Radialebene der Längsachse 15 der Ventilnadel 5 verläuft. An die Ringnut 35 schließt sich stromabwärts eine zweite konische Fläche 32 an, die auch das Ende der Ventilnadel 5 bildet. Der Öffnungswinkel der zweiten konischen Fläche 32 ist größer als der Öffnungswinkel des Ventilsitzes 11, so dass zwischen diesen beiden Flächen ein Differenzwinkel 82 gebildet ist. Die beiden konischen Flächen 30, 32 und die Ringnut 35 sind derart an der Ventildichtfläche 7 angeordnet, dass die kreisförmige Schnittlinie der gedachten Verlängerung der ersten konischen Fläche 30 und der zweiten konischen Fläche 32 auf Höhe der Ringnut 35 liegt. Da die Ringnut 35 am Ende des Produktionsprozesses der Ventilnadel 5 in die Ventildichtfläche 7 eingebracht wird, ist dadurch sichergestellt, dass die obere Kante 37 der Ringnut 35, die die Grenzlinie zur ersten konischen Fläche 30 bildet, und die Dichtkante 38, die die Grenzlinie zur zweiten Konusfläche 32 bildet, exakt in einer Radialebene der Längsachse 15 verlaufen. Über wenigstens zwei Verbindungsbohrungen 40, die in der Ventilnadel 5 verlaufen, ist die Ringnut 35 mit dem Druckraum 19 verbunden. Die Verbindungsbohrungen 40 sind hierbei vorzugsweise gleichmäßig über den Umfang der Ventilnadel 5 verteilt angeordnet. Es ist somit sichergestellt, dass, unabhängig von der Lage der Ventilnadel 5 zum Ventilsitz 11, die Ringnut 35 zumindest im wesentlichen stets den gleichen Kraftstoffdruck aufweist wie der Druckraum 19.

[0019] Durch die Öffnungswinkel der ersten konischen Fläche 30, der zweiten konischen Fläche 32, des Ventilsitzes 11 und der Ringnut 35 ist die Ventilnadel 5 an ihrem brennraumseitigen Ende derart ausgebildet, dass bei der Schließbewegung der Ventilnadel 5 zuerst die Dichtkante 38 am Ventilsitz 11 zur Anlage kommt und erst im Zuge der weiteren Schließbewegung die stromabwärts liegende Begrenzungskante der Ringnut 35. In Fig. 2 ist die Ventilnadel 5 in genau dieser Stellung gezeichnet, also in dem Moment, in dem die Dichtkante 38 am Ventilsitz 11 zur Anlage kommt. Ohne eine elastische Verformung von Ventilnadel 5 und des Ventilsitzes 11 würde die Ventilnadel 5 in dieser Stellung verharren. Da jedoch auf die Ventilnadel 5 eine hohe Schließkraft wirkt, verformt sich sowohl die Ventildichtfläche 7 der Ventilnadel 5 als auch der Ventilsitz 11. Die sich daraus ergebende Form und Lage der Ventilnadel 5 ist in Fig. 3 dargestellt. Im Bereich der Dichtkante 38 ergibt sich eine flächenmäßige Anlage der Ventilnadel 5 am Ventilsitz 11 und eine hohe Flächenpression an der Ventildichtfläche 7, so dass eine Abdichtung im Bereich der Dichtkante 38 in jedem Fall gegeben ist. Durch die Verformung im Bereich der Dichtkante 38 und auch durch das Einhämmern der Ventilnadel 5 in den Ventilsitz 11 beim längeren Betrieb in der Brennkraftmaschine kommt auch die obere Kante 37 der Ringnut 35 am Ventilsitz 11 zur Anlage. Hierdurch erhöht sich die gesamte am Ventilsitz 11 anliegende Fläche der Ventilnadel 5 und damit ergibt sich eine Reduzierung der Flächenpressung im Bereich der Dichtkante 38, da hier nicht mehr die gesamte Schließkraft auf den Ventilsitz 11 wirkt.

[0020] In Fig. 4 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzventils dargestellt, wobei derselbe Ausschnitt wie in Fig. 2 gewählt ist. Statt der Verbindungsbohrungen 40 sind an der ersten Konusfläche 30 wenigstens zwei Verbindungsnuuten 42 ausgebildet, durch die die Ringnut 35 hydraulisch mit dem Druckraum 19 verbunden bleibt. Die Verbindungsnuuten 42 sind hierbei vor-

zugsweise gleichmäßig über den Umfang der Ventilnadel 5 verteilt angeordnet und weisen eine Tiefe von wenigen 1/10 mm auf.

[0021] Fig. 5 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel, bei dem die Ringnut 35, wie bei dem in Fig. 2 und 3 gezeigten Ausführungsbeispiel, über eine Verbindungsbohrung mit dem Druckraum verbunden ist, jedoch ist die Verbindungsbohrung hier als Querbohrung 44 ausgebildet. Die Querbohrung 44 geht von der Ringnut 35 aus und führt quer durch die Ventilnadel 5 bis zum Schaft 205. Eine solche Querbohrung 44 lässt sich einfacher fertigen als eine Verbindungsbohrung 40, wie sie Fig. 2 zeigt, da hier ein großer Winkel zur Oberfläche der Ventilnadel 5 an beiden Enden der Querbohrung 44 vorhanden ist. Die Fig. 6 zeigt einen Querschnitt durch das in Fig. 5 dargestellte Einspritzventil entlang der Linie VI-VI. Die Ringnut 35 ist über mehrere Querbohrungen 44 mit dem Druckraum verbunden, wobei die Querbohrungen 44 in der Projektion auf die durch die Linie VI-VI gekennzeichnete Ebene in Fig. 5 parallel zueinander sind. Hierbei sind die Querbohrungen 44 jedoch so ausgerichtet, dass das aus dem Schaft 205 austretende Ende der Querbohrung 44 soweit wie möglich dem Ende in der Ringnut 35 gegenüber liegt, ohne dass sich die Querbohrungen 44 schneiden. Der Durchmesser der Querbohrung 44 kann hierbei der Breite der Ringnut 35 entsprechen oder auch einen kleineren Durchmesser aufweisen.

[0022] An moderne Kraftstoffeinspritzsysteme, wie sie insbesondere für selbstzündende Brennkraftmaschinen in schnelllaufenden Motoren Verwendung finden, werden bezüglich Effizienz und Schadstoffausstoß heutzutage große Anforderungen gestellt. Dies bedingt zum einen, dass mit einem sehr hohen Druck eingespritzt wird, der bei modernen Kraftstoffeinspritzsystemen bis zu 200 MPa betragen kann. Zum anderen sind sehr kurze Schaltzeiten der Ventilnadel 5 nötig, um rasch aufeinanderfolgende Einspritzungen zu ermöglichen, insbesondere um innerhalb eines Einspritzzyklus eine Vor- und eine Nacheinspritzung zu realisieren. Ein typisches Kraftstoffeinspritzventil für Personenkraftwagen, das mit einem Druck von beispielsweise 150 MPa arbeitet, weist einen Nadeldurchmesser im Führungsbereich 105 von etwa 4 mm auf. Bei vom Ventilsitz 11 abgehobener Ventilnadel 5 ergibt sich somit eine Kraft von etwa 1900 N auf die geöffnete Ventilnadel 5. Insbesondere bei Systemen, die mit einem ständigen Hochdruck im Druckraum 19 arbeiten, muss diese Kraft durch eine Schließkraft kompensiert werden, die deutlich höher als 1900 N liegt, um ein rasches Schließen der Ventilnadel 5 zu ermöglichen. Sobald die Ventilnadel 5 mit der Ventildichtfläche 7 am Ventilsitz 11 anliegt, wird der Bereich der Ventildichtfläche 7, der stromabwärts der Dichtkante 38 liegt, nicht mehr vom Kraftstoffdruck im Druckraum 19 beaufschlagt. Dadurch entfällt ein Teil der der Schließkraft entgegenwirkenden hydraulischen Öffnungskraft auf die Ventilnadel 5, so dass die Ventilnadel 5 jetzt mit einer sehr hohen Kraft gegen den Ventilsitz 11 gepresst wird. Über die gesamte Lebensdauer des Kraftstoffeinspritzventils betrachtet kann diese hohe Schließkraft und die entsprechend hohe Flächenpressung am Ventilsitz zu einem erhöhten Verschleiß führen und damit zu einem vorzeitigen Ausfall des Kraftstoffeinspritzventils. Zur Erhöhung der der Schließkraft entgegengerichteten hydraulischen Kraft wäre es möglich, die Dichtkante 38 weiter stromabwärts zu verlagern, so dass die vom Druck im Druckraum 19 beaufschlagte Teilfläche der Ventildichtfläche 7 im wesentlichen die erste konische Fläche 30 im dargestellten Ausführungsbeispiel vergrößert wird. Die Schließkraft muss andererseits einen gewissen Mindestwert haben, damit die Ventilnadel 5 auch bei einem entsprechend hohen Druck im Brennraum zwischen den einzelnen Einspritzungen in je-

dem Fall geschlossen bleibt. Das erfindungsgemäße Kraftstoffeinspritzventil löst dieses Problem, indem eine zusätzliche Ringnut in der Ventildichtfläche 7 dem Druck im Druckraum 19 ausgesetzt ist, so dass die resultierende Kraft auf die Ventilnadel 5 reduziert ist. Gleichzeitig wird durch das anlegen der Ventilnadel 5 sowohl an der Dichtkante 38 als auch im Bereich der oberen Kante 37 die Flächenpressung im Bereich der Dichtkante 38 so niedrig gehalten, dass die Materialgrenzwerte nicht erreicht werden.

10

#### Patentansprüche

1. Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen mit einem Ventilkörper (1), in dem in einer Bohrung (3) eine eine Längsachse (15) aufweisende Ventilnadel (5) längsverschiebar angeordnet ist, wobei am brennraumseitigen Ende der Bohrung (3) ein konischer Ventilsitz (11) angeordnet ist und wobei zwischen einem Abschnitt der Ventilnadel (5) und der Wand der Bohrung (3) ein mit Kraftstoff befüllbarer Druckraum (19) ausgebildet ist, der bis zum Ventilsitz (11) reicht, und mit einer an der Ventilnadel (5) ausgebildeten Ventildichtfläche (7), die mit dem Ventilsitz (11) zur Steuerung wenigstens einer, vom Ventilsitz (11) ausgehenden Einspritzöffnung zusammenwirkt und in der eine in einer Radialebene der Ventilnadel (5) verlaufende Ringnut (35) ausgebildet ist, deren stromabwärtsige Kante als Dichtkante (38) ausgebildet ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Ringnut (35) stets mit dem Druckraum (19) hydraulisch verbunden ist.
2. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Ventildichtfläche (7) eine erste konische Fläche (30) und eine stromabwärts zu dieser angeordnete zweite konische Fläche (32) umfasst, zwischen denen die Ringnut (35) verläuft.
3. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Öffnungswinkel der ersten konischen Fläche (30) kleiner und der Öffnungswinkel der zweiten konischen Fläche (32) größer ist als der Öffnungswinkel des konischen Ventilsitzes (11).
4. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Ringnut (35) sowohl an die erste konische Fläche (30) als auch an die zweite konische Fläche (32) grenzt.
5. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Sitzwinkeldifferenz (82) zwischen der zweiten Konusfläche (32) und dem Ventilsitz (11) kleiner ist als die Sitzwinkeldifferenz (81) zwischen der ersten Konusfläche (30) und dem Ventilsitz (11).
6. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Schließbewegung der Ventilnadel (5) auf den Ventilsitz (11) zu zuerst die zweite konische Fläche (32) am Ventilsitz (11) zur Anlage kommt und erst durch eine Verformung der Ventilnadel (5) und/oder des Ventilkörpers (1) auch die erste konische Fläche (30).
7. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die hydraulische Verbindung der Ringnut (35) mit dem Druckraum (19) durch wenigstens eine in der Ventilnadel (5) verlaufende Verbindungsbohrung (40) hergestellt wird.
8. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindungsbohrung (40) als Querbohrung (44) ausgebildet ist.
9. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindungsbohrung (40) die Ringnut (35) mit dem Schaft (205) der Ventil-

nadel (5) verbindet.

10. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 2; dadurch gekennzeichnet, dass die hydraulische Verbindung der Ringnut (35) mit dem Druckraum (19) durch wenigstens eine in der ersten Konusfläche (30) ausgebildete Ausnehmung (42) hergestellt wird. 5

11. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Schließbewegung der Ventilnadel (5) zuerst die am Übergang der Ringnut (35) zur zweiten Konusfläche (32) ausgebildete Dichtkante (38) am Ventilsitz (11) zur Anlage kommt. 10

12. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Kraftstoff im Druckraum (19) zumindest zeitweise einen Druck von mehr als 100 MPa aufweist. 15

---

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

---

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

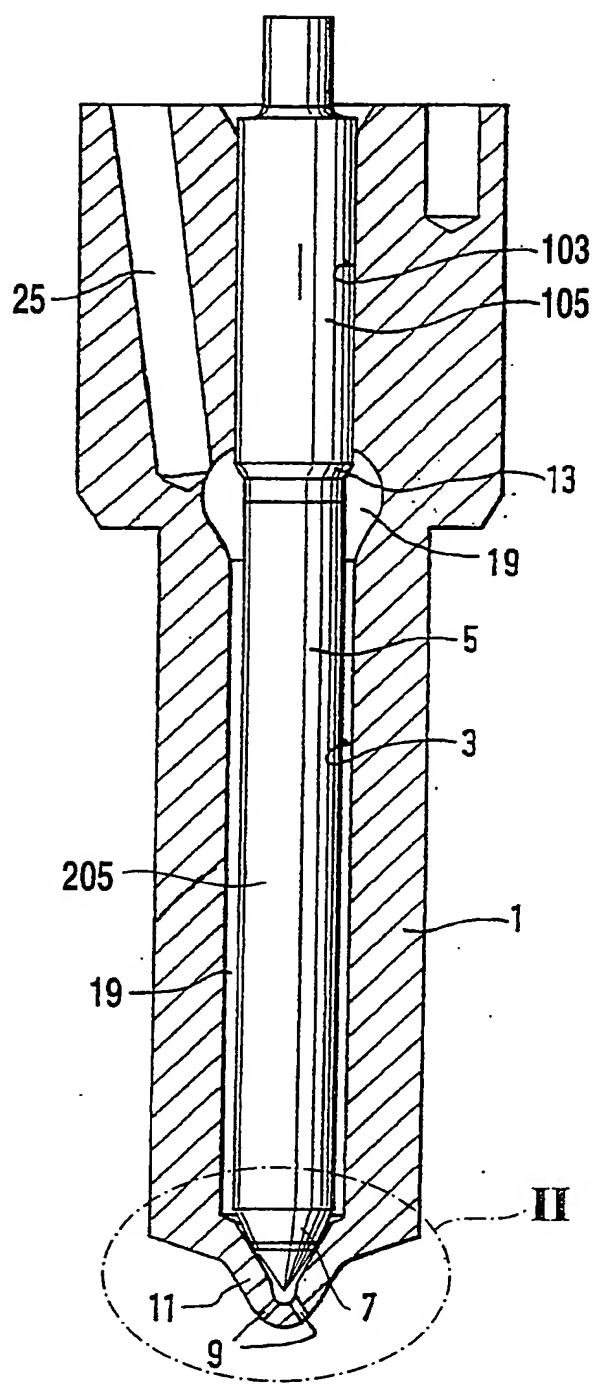


Fig. 1

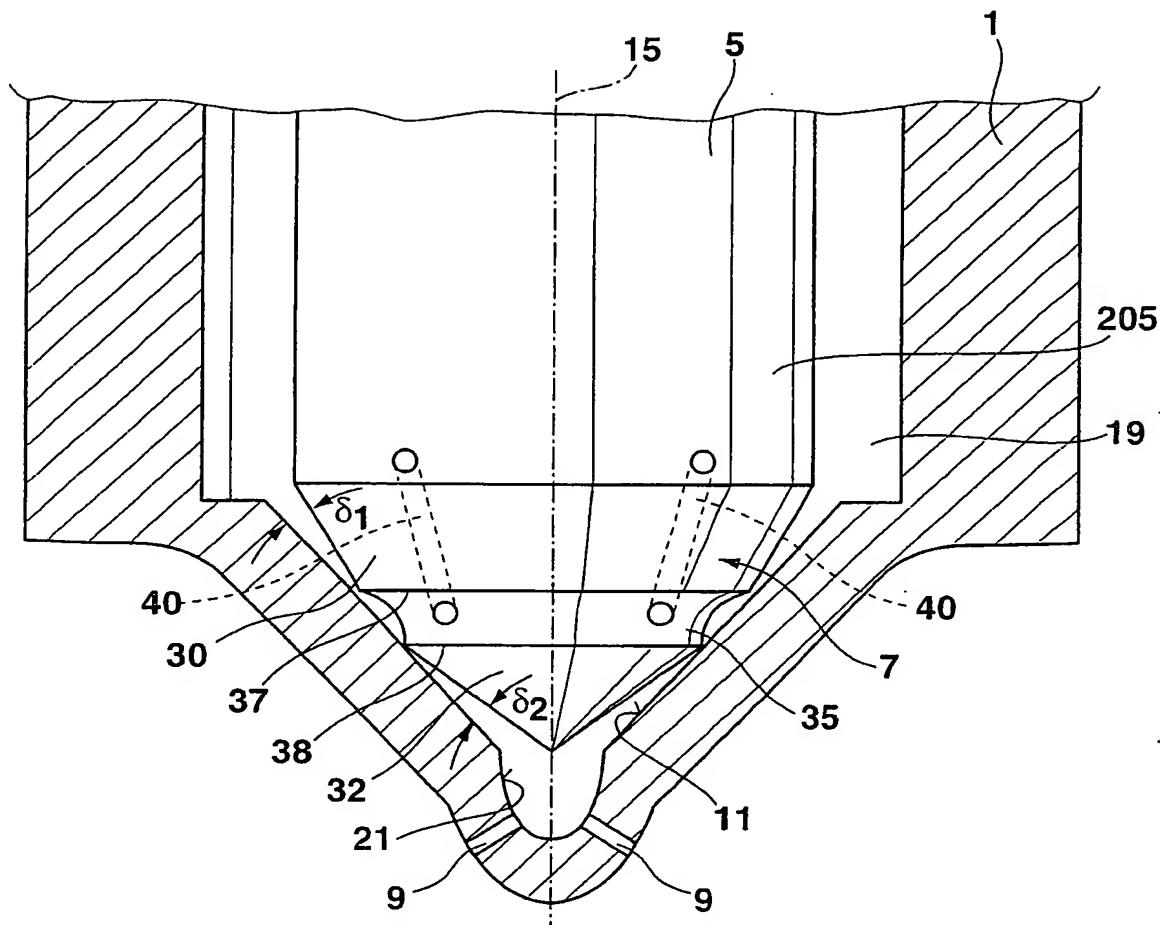
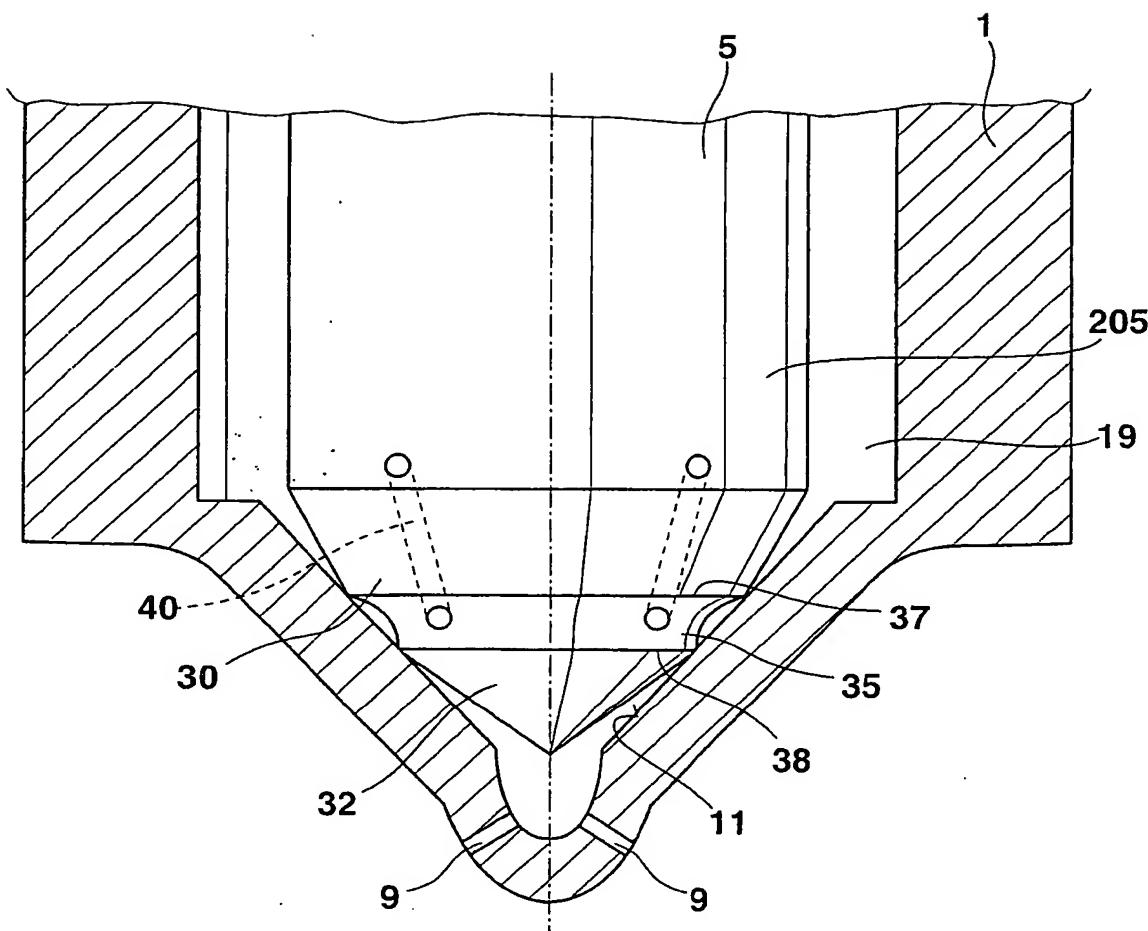


Fig. 2

**Fig. 3**

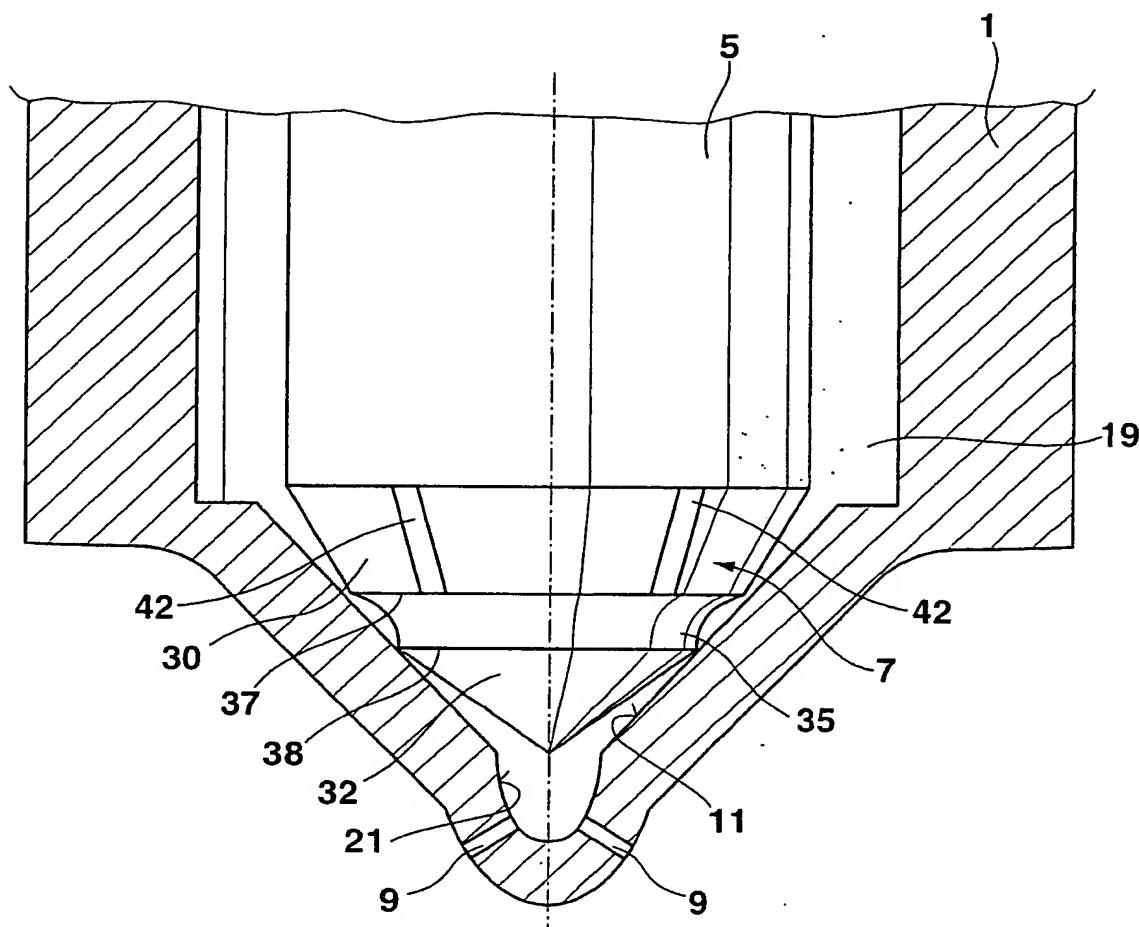


Fig. 4

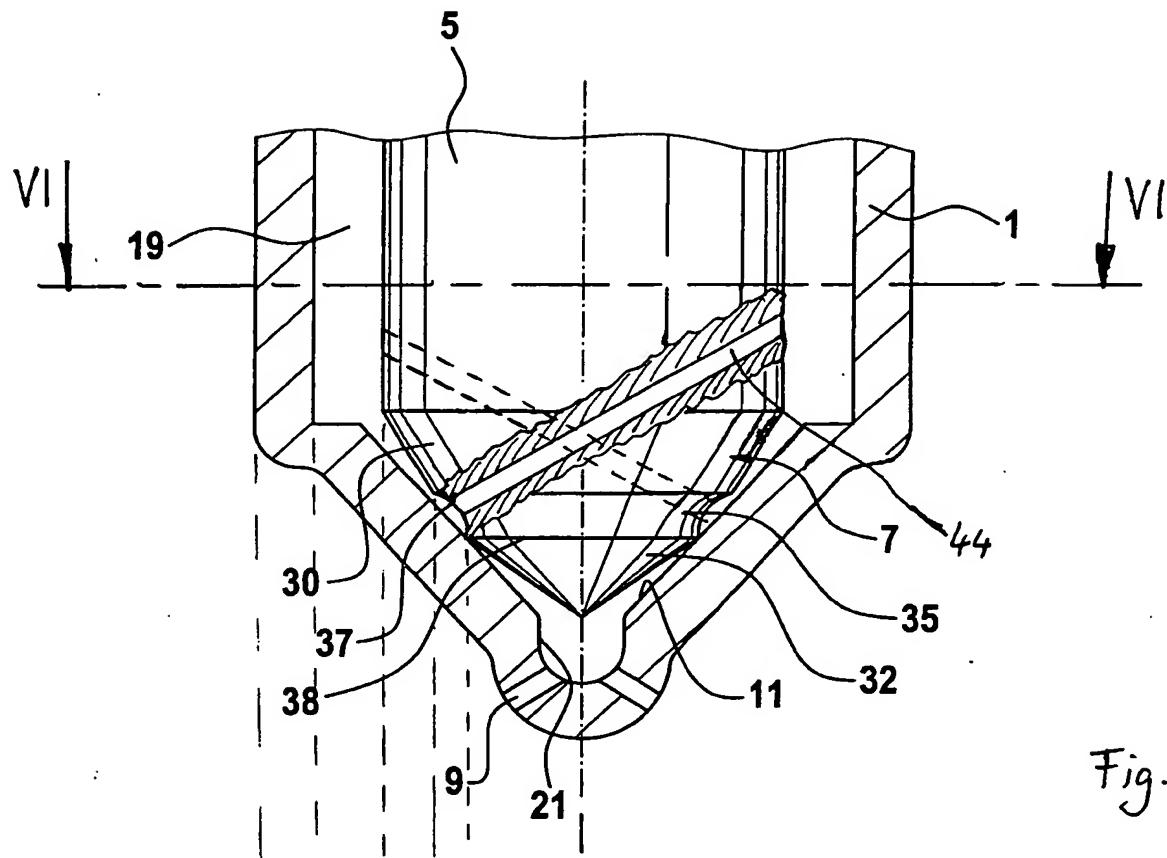


Fig. 5

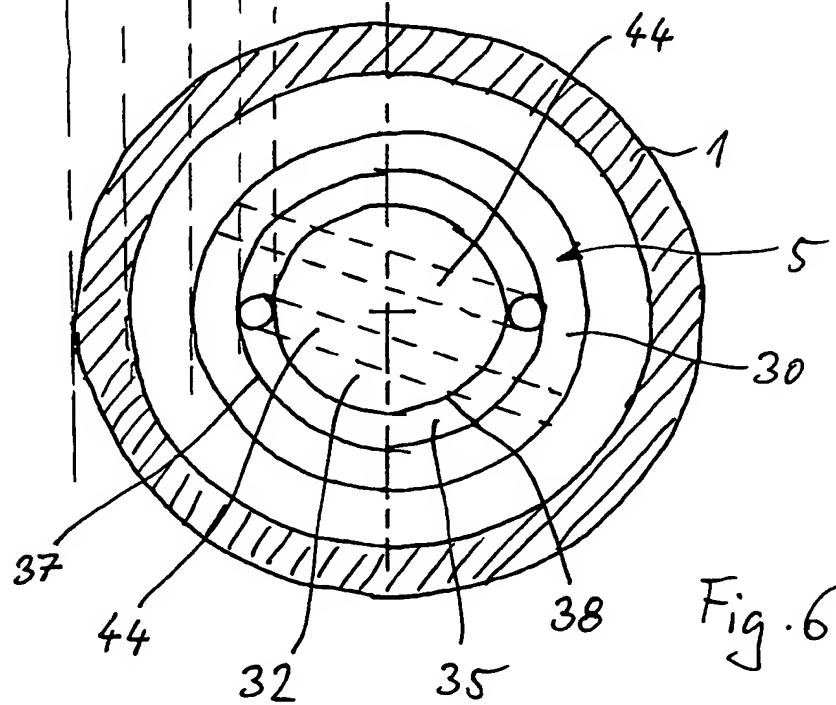


Fig. 6